

Der Stockeinsatz bewirkt beim Nordic Walking eine grössere Schrittlänge und erhöht damit gegenüber dem Walking die Geschwindigkeit und den Energieverbrauch

**Masterarbeit zur Erlangung des Masters in Bewegungs- und Sportwissenschaften,
Departement für Medizin, Universität Freiburg**

Autorin: Rebecca Wüest

Referent: Dr. Urs Mäder

Korreferentin: Ellen Leister

September 2012

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

1	Einleitung	5
1.1	Einführung in das Thema	5
1.2	Hintergrund und Ausgangslage	7
1.3	Konkrete Fragestellung	10
1.4	Hypothesen	10

2	Methoden	12
2.1	Untersuchungsablauf	12
2.2	Untersuchungsgruppe	15
2.3	Untersuchungsinstrumente	16
2.3.1	MetaMax®3B	16
2.3.2	Actigraph GT1M	16
2.3.3	Speedtrap 2 Lichtschranken	17
2.3.4	Nordic Walking Stöcke	17
2.3.5	Bodenmarkierung	18
2.3.6	Metronom	18
2.3.7	Stadiometer und Waage	18
2.3.8	Testanweisungen	18
2.3.9	Testprotokoll	19
2.4	Untersuchungsauswertung	20
2.4.1	Datenaufbereitung	20
2.4.2	Datenanalyse	20

3	Resultate	21
3.1	Untersuchungsgruppe	21
3.2	Vergleich zwischen W und NW	22

3.3	Einfluss der Schrittlänge und der Stöcke auf den EV und die vertikale Beschleunigung der 3 Gangarten mit NW-Geschwindigkeit	23
3.4	Vergleich des EV, der vertikalen Beschleunigung und der Schrittfrequenz der 3 Gangarten mit NW-Geschwindigkeit	24
<hr/>		
4	Diskussion und Schlussfolgerung	26
4.1	Vergleich zwischen W und NW	26
4.2	Vergleich zwischen den 3 Gangarten mit NW-Geschwindigkeit	29
4.3	Schlussfolgerung	33
<hr/>		
5	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	34
<hr/>		
6	Literaturverzeichnis	35
<hr/>		
	Persönliche Erklärung und Urheberrechtserklärung	39
<hr/>		
	Anhang	40

Zusammenfassung

Hintergrund und Ausgangslage: Beim Nordic Walking (NW) verbraucht man mehr Energie als beim Walking (W). Es wird vermutet, dass die zusätzliche Armarbeit beim Stockeinsatz den zusätzlichen Energieverbrauch (EV) bewirkt. Biomechanische Untersuchungen weisen beim richtigen Gebrauch der Stöcke auf eine Vergrösserung der Schrittlänge hin. Möglicherweise sind die grösseren Schritte, die ein stärkeres Heben und Senken des Körperschwerpunkts bewirken, für die Erhöhung des EV relevant.

Konkrete Fragestellung: Ziel der Studie ist herauszufinden, ob die grössere Schrittlänge anstatt die zusätzliche Armarbeit beim NW im Vergleich zum W für den höheren EV verantwortlich ist.

Methode: In einer Feldstudie absolvierten 20 Probanden vier Gangarten à 6-8 Minuten: W, NW, W mit NW-Geschwindigkeit und W mit NW-Geschwindigkeit und NW-Schrittlänge. Neben der Schrittfrequenz wurden mittels portablem Ergospirometer und Beschleunigungsmesser der EV und die vertikale Beschleunigung erhoben und danach zwischen den Gangarten verglichen.

Resultate: NW (7.79kcal/ min) weist bei frei gewählter Geschwindigkeit und Schrittlänge gegenüber W (7.16kcal/min) einen höheren EV aus. Die ermittelten Werte des EV zwischen NW und W mit NW-Geschwindigkeit (7.78kcal/min) weisen keinen Unterschied auf. Signifikant höher ist der EV beim W mit NW-Geschwindigkeit und NW-Schrittlänge (8.41kcal/min) im Vergleich zum NW.

Diskussion und Schlussfolgerung: Grössere Schrittlänge und höhere Geschwindigkeit bewirkten einen grösseren EV beim NW gegenüber W. Bei gleicher Geschwindigkeit bewirkte die grössere Schrittlänge beim NW gegenüber dem W überraschenderweise keinen erhöhten EV. Auch der höhere EV beim W mit NW-Schrittlänge und NW-Geschwindigkeit gegenüber dem NW überraschte. In dieser Studie bewirkte der Stock- und Armeinsatz eine grössere Schrittlänge und eine erhöhte Geschwindigkeit und damit einen erhöhten EV gegenüber dem W. Die isolierten Effekte von Armeinsatz und Schrittlänge auf den EV beim NW bleiben deshalb unklar.

1 Einleitung

1.1 Einführung in das Thema

Nordic Walking (NW) ist mittlerweile eine etablierte Ausdauersportart, die vorwiegend von Gesundheits- und Freizeitsportlern ausgeübt wird. Der Einsatz der Stöcke bedingt zusätzliche Arbeit der Oberkörpermuskulatur und bildet zugleich den grössten Unterschied im Vergleich zum herkömmlichen Walking (W) ohne Stöcke. Ursprungsland des NW ist Finnland.

Bereits in den 1930er Jahren benutzten finnische Langläufer während den Sommertrainings ihre Langlaufstöcke um einen ähnlichen Trainingseffekt wie im Winter zu erreichen. Der Begriff „sauvakävely“, Gehen mit Stöcken, kam somit zum ersten Mal auf und ist heute noch ein weit verbreiteter Name in Finnland. Leena Jääskeläinen, Sportlehrerin in Helsinki und spätere Professorin für Sportwissenschaften, führte 1966 erste Lektionen mit Stöcken in ihren Sportunterricht ein. Wenige Jahre später integrierte sie diverse Übungen im „cross-country ski style“ in die Sportlehrerausbildung der Universität. Anfangs 1980er Jahre versuchte Tuomo Jantunen, Direktor des Zentralverbandes für Freizeitsport und Outdooraktivitäten (Suomen Latu), die neue Sportart einem breiten Publikum zugänglich zu machen. Kontakte mit verschiedenen Sportinstitutionen entstanden, die Umsetzung der Pläne scheiterte jedoch mangels Interesse. In den frühen 1990er Jahren gelang es ihm dank Werbung an Sportanlässen die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit zu gewinnen und die Sportart schlussendlich im Bildungssystem unterzubringen. Parallel dazu wurde die Technik des „sauvakävely“ am Sportwissenschaftlichen Institut Vierumäki genauer analysiert und durch Marko Kantaneva, Trainer und Lehrer am Institut, optimiert. 1996 entstanden erstmals Kontakte zur finnischen Firma Exel, einem Unternehmen, das Stöcke herstellt. Ein Jahr später, 1997, lösten die spezifischen Exel-Laufstöcke „Walker“ und „Nordic Walker“ die herkömmlichen Langlaufstöcke ab. Offiziell trägt die neue Sportart ab diesem Zeitpunkt den Namen „Nordic Walking“ und löste einen regelrechten Boom in Skandinavien aus. Im Jahr 2000 wurde die „International Nordic Walking Association“ (INWA,

später International Nordic Walking Federation) gegründet. Gemäss deren Homepage wird NW von rund 10 Millionen Menschen verteilt auf 40 Länder ausgeübt (Stand: 2010, INWA). 1999 erreichte die NW-Welle die Schweiz, was zur Gründung der Swiss Nordic Walking Association (SNWA) und Swiss Nordic Fitness Organisation (SNO) führte. Viele nationale sowie internationale Verbände bilden Instruktoren aus, deren primäres Ziel die Vermittlung einer korrekten NW-Technik ist.

1.2 Hintergrund und Ausgangslage

Zahlreiche wissenschaftliche Studien befassten sich vor allem mit dem Vergleich von NW und W. In einzelnen Fällen wurde zusätzlich zum Vergleich der beiden Walkingformen auch das Jogging hinzugezogen.

In mehreren Studien wurden anhand von Laufbandtests signifikant höhere Resultate für die Sauerstoffaufnahme (12% - 23%), die Herzfrequenz (9% - 16%) und den Energieverbrauch (EV) (22% - 23.5%) beim NW gegenüber dem W bei gleicher Geschwindigkeit ermittelt. Gründe dafür führten die Autoren auf den grösseren Armschwung und die darin involvierte Rückenmuskulatur zurück (Rodgers et al. 1995, Porcari et al. 1997, Saunders et al. 2008). Weil das subjektive Belastungsempfinden der Versuchspersonen beim NW signifikant höher war im Vergleich zum W, sahen die Autoren den Gebrauch der Stöcke als wirksame Methode, bei gleicher Laufgeschwindigkeit die Belastungsintensität zu erhöhen (Procari et al. 1997). Die oben aufgeführten Ergebnisse wurden im Rahmen eines Feldtests bestätigt (Church et al. 2002). Sowohl der Sauerstoffverbrauch (20.6%) als auch der EV (19.6%) war beim NW signifikant höher als beim W. Die höhere Herzfrequenz beim NW fiel mit 6% weniger deutlich aus. Keinen Unterschied zwischen den Gangarten gab es beim subjektiven Belastungsempfinden. Auffallend in dieser Studie sind die differierenden Resultate beim Sauerstoffverbrauch zwischen den Probanden. Bei den Frauen lagen die Werte beim NW zwischen 8% und 47.6%, bei den Männern zwischen 4.8% und 62.7% über dem Verbrauch beim W. Die Autoren führten dies auf die unterschiedliche Intensität des Stockeinsatzes und die grossen Temperaturunterschiede (22°C – 40°C) während der Tests zurück. Neuere Feld- und Laufbanduntersuchungen mit unterschiedlichen Belastungsintensitäten und Steigungen bestätigten u. a. die höheren Werte der Sauerstoffaufnahme und des EV beim NW im Vergleich zum W, wiesen aber darauf hin, dass der physiologische Nutzen überschätzt wird. Das subjektive Belastungsempfinden wurde in beiden Walkingformen als gleich, in einzelnen Fällen beim NW sogar als signifikant niedriger eingestuft (Höltke et al. 2003, 2005, Schiebel et al. 2003, Schiffer et al. 2006, Saunders et al. 2008).

Keine signifikanten Unterschiede zwischen NW und W fanden Jacobson et al. (2000) an 20 Probanden mittels submaximalem Laufbandtest. Bei vorgegebener Laufgeschwindigkeit (2.4 km/h) und zusätzlichem Gepäck (15 kg) absolvierten die Versuchspersonen bei kontinuierlicher Steigung (10-25%) den Test. Die ermittelten Werte des EV waren beim W 1.9% höher. In einer weiteren Studie zeigten Parker et al. (2002) an 14 Erwachsenen mittels Laufbandstufentests mit unterschiedlicher Steigung praktisch identische Werte der Sauerstoffaufnahme und der Herzfrequenz zwischen W und NW. Kukkonen-Harjula et al. (2007) fanden mittels kombiniertem Feld- und Laufbandtest sowie einer 3D-Ganganalyse ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen W und NW. Bei 107 älteren Frauen konnte nach 13 Wochen W und NW Training einzig bei der W Gruppe eine signifikant höhere Beinkraft festgestellt werden.

Bei biomechanischen Untersuchungen fand man mittels 3D-Ganganalysen, Laufband- oder Feldtests heraus, dass die Probanden eine signifikante Vergrößerung der Schrittlänge beim korrekt ausgeführten NW im Vergleich zum W erzielten (Wilson et al. 2001, Rist et al. 2004, Hansen et al. 2008, Köhler 2008, Figard-Fabre et al. 2010). Burger (2007) beschreibt in seiner Studie, dass beim normalen Gehen die Beine als Pendel betrachtet werden können. Durch den technisch korrekten Gebrauch der Stöcke beim NW wechselt das Pendel von Fuss und Hüfte auf Stockspitze und Schulter. Das längere Pendel und der funktionale Stockeinsatz erhöht die horizontale Beschleunigung und führt so zu einer grösseren Schrittlänge beim NW. Untersuchungen der Laufgeschwindigkeiten der beiden Gangarten zeigten ebenfalls signifikante Unterschiede auf. Beim NW wird generell schneller gelaufen als beim W (Wilson et al. 2001, Jöllenbeck et al. 2007).

Grundsätzlich wird angenommen, dass der erhöhte Armeinsatz beim NW gegenüber dem W bei gleicher Geschwindigkeit den höheren EV bewirkt. Längere Schritte verursachen eine stärkere Beschleunigung des Körperschwerpunkts (KSP) in vertikaler Richtung bei jedem Schritt im Feld ohne Steigung. Dieses Phänomen wurde in der Untersuchung von Zwysig (2009) durch Beschleunigungsmessungen an der Hüfte bestätigt. In weiteren Studien wurden mittels 3D-Ganganalyse und Laufbandtest der mechanische

und metabolische Aufwand durch gezieltes Vergrössern der Schrittbreite und -länge beim Laufen untersucht. Die längeren Schritte verursachen ein stärkeres Senken und Heben des KSP und bewirken somit einen höheren EV (Donelan et al. 2001, Kuo et al. 2005).

Allgemeinen Annahmen, dass die Stöcke eine gelenkentlastende Bedeutung haben, widersprechen Jöllenbeck et al. (2007). Untersuchungen der Stockkräfte in Richtung Stockachse (46 ± 5 N), in horizontaler (26 ± 2 N) und vertikaler (37 ± 5 N) Richtung ergaben keine signifikanten Resultate. Kräfte und Impulse sind zu minimal, als dass sie einen entlastenden Beitrag leisten könnten. Kleindienst et al. (2007) fanden bei 15 Erwachsenen mittels 3D-Ganganalyse und Laufbandtest heraus, dass erst in der Abstossphase der Stock aktiv eingesetzt wird und sich somit ein signifikant geringeres maximales Abduktionsmoment im Knie während der Abstossphase erklären lässt. Köhler (2008) ermittelte in ihrer Studie, dass sich durch die verlängerten Schritte beim NW die aufgebrachten Stockkräfte signifikant verringern. Jöllenbeck et al. (2007) vermuten, dass die Stöcke einen wesentlichen Beitrag zur Gangsicherheit und zum Gleichgewicht leisten können.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der EV beim NW im Vergleich zum W bei gleicher Geschwindigkeit grösser ist. Bis auf einzelne Ausnahmen bestätigen das alle Studien. Allgemein wird angenommen, dass die zusätzliche Armarbeit für den höheren Energieumsatz verantwortlich ist. Biomechanische Untersuchungen bestätigen beim korrekten Gebrauch der Stöcke eine Erhöhung der horizontalen Beschleunigung und somit eine Vergrösserung der Schrittlänge. Die längeren Schritte beim NW im Vergleich zum W bewirken eine stärkere Senkung und Hebung des KSP und erhöhen somit den EV. Demzufolge soll in dieser Arbeit untersucht werden, ob beim NW der erhöhte EV durch die längeren Schritte und nicht durch den Gebrauch der Stöcke eintritt.

1.3 Konkrete Fragestellung

Ist die grössere Schrittlänge anstatt, wie häufig angenommen, die zusätzliche Armarbeit beim NW gegenüber dem W für den höheren EV verantwortlich?

1.4 Hypothesen

Folgende Hypothesen ergeben sich aus der Fragestellung:

Tab. 1: Null- und Alternativhypothesen.

1.	H_0	EV NW	=	EV W_{NWG}
	H_A	EV NW	\neq	EV W_{NWG}
2.	H_0	EV W_{NWG}	=	EV $W_{NWG/NWS}$
	H_A	EV W_{NWG}	\neq	EV $W_{NWG/NWS}$
3.	H_0	EV NW	\neq	EV $W_{NWG/NWS}$
	H_A	EV NW	=	EV $W_{NWG/NWS}$

EV = Energieverbrauch, NW = Nordic Walking, W_{NWG} = Walking mit NW-Geschwindigkeit ohne Schrittlängenvorgabe, $W_{NWG/NWS}$ = Walking mit NW-Geschwindigkeit und NW-Schrittlänge.

Die 1. Hypothese dient zur Überprüfung des Unterschieds zwischen NW und W mit NW-Geschwindigkeit ohne Schrittlängenvorgabe (W_{NWG}). Beim NW ist die Geschwindigkeit und die Schrittlänge, beim W_{NWG} jedoch nur die Geschwindigkeit vorgegeben. Angenommen wird, dass die kürzeren Schritte weniger Energie verbrauchen. Ergo ist der EV beim NW grösser als beim W_{NWG} . Die gleiche Annahme gilt für die 2. Hypothese. Während die Geschwindigkeit zwischen W_{NWG} und W mit NW-Geschwindigkeit und NW-Schrittlänge ($W_{NWG/NWS}$) identisch bleibt, ist die Schrittlänge beim $W_{NWG/NWS}$ grösser. Der EV beim $W_{NWG/NWS}$ ist deshalb grösser gegenüber dem EV beim W_{NWG} . Werden

nun wie in der 3. Hypothese beschrieben, die beiden Gangarten mit gleicher Geschwindigkeit und gleicher Schrittlänge, NW und $W_{NWG/NWS}$, miteinander verglichen, kann angenommen werden, dass es keinen Unterschied im EV gibt. Durch die Verifizierung der drei Hypothesen soll bestätigt werden, dass nicht die Armarbeit, sondern die grösseren Schritte beim NW den EV gegenüber dem W vergrössern.

2 Methode

2.1 Untersuchungsablauf

Der Feldtest wurde auf der 300m LA-Rundbahn Lärchenplatz der Eidgenössischen Hochschule für Sport in Magglingen (EHSM) ausgeführt. Die Probanden absolvierten während ca. 90 Minuten 4 Tests. Jeder Test wurde mit einer unterschiedlichen Gangart durchgeführt:

W: Die Probanden liefen ohne Stöcke mit zügiger, selbstgewählter Geschwindigkeit auf der Rundbahn. Dabei wurden W-Schrittlänge, W-Geschwindigkeit, W-Schrittfrequenz, EV und die vertikale Beschleunigung der Hüfte ermittelt.

NW: Die Probanden liefen mit Stöcken mit zügiger, selbstgewählter Geschwindigkeit auf der Rundbahn. Dabei wurden die gleichen Parameter wie beim W gemessen. Die ermittelte NW-Schrittlänge und die NW-Geschwindigkeit dienten danach als Vorgabe für die beiden letzten Tests.

W_{NWG} : Die Probanden liefen ohne Stöcke mit frei gewählter Schrittlänge und vorgegebener NW-Geschwindigkeit auf der Rundstrecke. Beim Ertönen des akustischen Signals mussten die Probanden auf Höhe der Markierung sein. Hierbei wurden EV, Schrittfrequenz und die vertikale Beschleunigung ermittelt.

$W_{NWG/NWS}$: Die Probanden liefen ohne Stöcke mit vorgegebener NW-Schrittlänge und vorgegebener NW-Geschwindigkeit auf der Rundstrecke. Beim akustischen Signal mussten die Probanden auf jeden 4. Schritt mit dem rechten Fuss die Markierung treffen. Dabei wurden die gleichen Parameter wie beim W_{NWG} gemessen.

Zur Ermittlung des EV, der vertikalen Beschleunigung und der Schrittfrequenz trugen die Probanden einen portablen Ergospirometer und einen Beschleunigungsmesser auf sich. Der Beschleunigungsmesser erfasst die Schrittfrequenz, jedoch nicht die Schritt-

länge. Diese war in der vorliegenden Studie jedoch von grosser Bedeutung, weshalb bei den drei Gangarten mit gleicher Geschwindigkeit anhand der gemessenen Schrittfrequenz auf die Schrittlänge geschlossen wurde. Bevor die Tests starteten, liefen die Probanden eine Aufwärmrunde. Diese diente auch zur Angewöhnung an den portablen Ergospirometer. Allenfalls waren Anpassungen an der Halterung der Atemmaske notwendig. Um die Taktfrequenz (bpm) des Metronoms für die Gangarten W_{NWG} und $W_{NWG/NWS}$ zu bestimmen, wurde bei der Gangart NW nach 30 Schritten, beginnend bei der Startlinie, die zurückgelegte Distanz gemessen. Anhand der daraus berechneten Schrittlänge und der Laufgeschwindigkeit konnte die Taktfrequenz für die Gangart $W_{NWG/NWS}$ bestimmt werden. Für den Test W_{NWG} wurde der Wert durch vier dividiert. Somit wollte man verhindern, dass die Probanden nicht in das Schrittmuster vom Test $W_{NWG/NWS}$ fielen, bei dem jeder einzelne Schritt akustisch unterstützt wurde. Nachdem die Gangarten W und NW in randomisierter Reihenfolge absolviert waren, entstand eine Pause von ca. 15 Minuten in der die Probanden die Atemmaske nicht trugen. Während diesem Unterbruch wurde mit Hilfe der Probanden für die Gangarten W_{NWG} und $W_{NWG/NWS}$ auf der Geraden der Rundbahn eine neue ca. 90m lange Rundstrecke mit Markierungsscheiben abgesteckt (Abb. 1). Die Distanz zwischen den Markierungen wurde aus der im NW Test ermittelten individuellen NW-Schrittlänge der Probanden berechnet ($4 \times$ NW-Schrittlänge). Nach dem Streckenumbau erfolgten die Gangarten W_{NWG} und $W_{NWG/NWS}$ in randomisierter Reihenfolge.

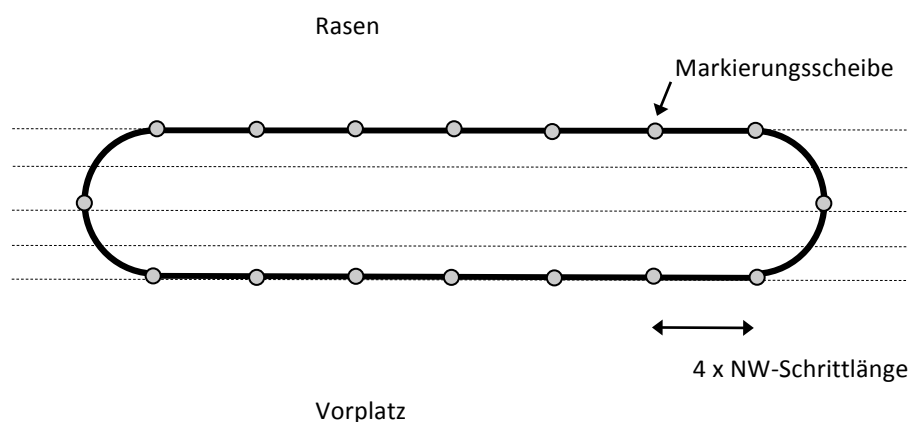


Abb. 1: Rundstrecke mit Markierungen für W_{NWG} und $W_{NWG/NWS}$.

Der Zeitaufwand pro Test betrug zwischen 6 und 8 Minuten. Sobald mindestens 2 Minuten im metabolischen Steady State gelaufen wurde, konnte die Messung abgebrochen werden. Die Pausendauer zwischen den Gangarten W und NW sowie zwischen W_{NWG} und $W_{NWG/NWS}$ hing von der individuellen Erholungszeit ab. Sobald VO_2 und VCO_2 den Werten in Ruhe entsprachen, wurde der nächste Test gestartet. Je nach individueller Testzeit, die von der Verfügbarkeit der Versuchspersonen abhing, mussten die Probanden das Frühstück bis 2h, ein leichtes Mittagessen bis 3h und ein üppiges Mittagessen bis 4h vor Testbeginn zu sich genommen haben. Wasseraufnahme war vor und zwischen den Tests erlaubt.

2.2 Untersuchungsgruppe

Aus der Poweranalyse resultierte eine minimale Probandenzahl von 8 Personen. Um dieses Minimum auch nach dem Eintreten von technischen Pannen und kurzfristigen Rücktritten von Probanden zu erreichen, wurde die angestrebte Anzahl bei 20 angesetzt. Gesucht wurden Freiwillige unter den Mitarbeitern/Studenten des BASPO/EHSM in Magglingen, Mitgliedern einer NW-Gruppe aus der Region Biel und Personen aus dem Bekanntenkreis der Studienleiterin. Zwölf Frauen und 8 Männer sagten zu. Das Stichprobensampling war willkürlich und somit nicht randomisiert. Die Probanden waren entweder NW-Instruktoressen oder wiesen eine regelmässige NW-Aktivität von mindestens 2-3 Einheiten à je 1h pro Monat auf. Im Vorfeld wurden die Teilnehmer schriftlich über das Ziel und den Ablauf der Studie informiert. Am Testtag brachten die Versuchspersonen die unterschriebene Einverständniserklärung mit.

2.3 Untersuchungsinstrumente

2.3.1 MetaMax® 3B

Die Messung der Atemgase erfolgte mit einem portablen Ergospirometer. Der MetaMax® 3B der Firma Cortex Biophysik GmbH (Leipzig, Deutschland) misst die inspiratorische, resp. expiratorische O₂- und CO₂-Volumen, den Atemfluss, die Herzfrequenz, die Umgebungstemperatur und den Luftdruck unter Feldbedingungen. Der EV wurde anhand dieser gemessenen Werte mittels Formel nach Weir (1948) ($\text{Kcal} = 3.941 \times \text{O}_2 + 1.106 \times \text{CO}_2$) berechnet. Der portable Ergospirometer wurde gemäss den Vorgaben des Herstellers jeweils vor Testbeginn kalibriert (Druck, Volumen und Gas). Die Aufwärmphase des Geräts dauert ca. 1h. Zur Aufnahme der Atemgase trug die Versuchsperson eine Gesichtsmaske aus weichem Kunststoff, die Nase und Mund luftdicht umschloss. Der portable Ergospirometer und der Akku wurden in einem Traggürtel mit Klettverschlüssen über die Schultern gehängt und am Rumpf befestigt. Gerät und Gesichtsmaske waren durch ein Kabel, das den Atemfluss misst und über einen Schlauch, der das Atemgas zur Analyse im Gerät absaugt, verbunden. Den Auslöseknopf zur Ereignismarkierung bedienten die Probanden zu bestimmten Zeitpunkten (Start und Ende). Während der Messungen wurden die Daten im Logger gespeichert und via Funk auf den mit der MetaSoft®-Software (Cortex Biophysik GmbH, Leipzig, Deutschland) ausgestatteten Laptop übertragen. Somit konnten die Messungen online auf dem Bildschirm mitverfolgt und kontrolliert werden. Nach der Erhebung wurden die Daten auf dem Logger in ein Excel File exportiert und analysiert. Das Gerät gilt als valide und reliabel (Vogler et al. 2010).

2.3.2 Actigraph GT1M

Zur Ermittlung der vertikalen Beschleunigungen beim Laufen diente der Actigraph GT1M der Firma MTI Actigraph Manufacturing Technology Inc. (Fort Walton Beach, USA). Der GT1M ist ein eindimensionales Beschleunigungsmessgerät, das mit einem elastischen Gürtel am Rücken hüfthoch getragen wird. Das Gerät erfasst alle vertikalen

Beschleunigungen im Bereich von 0.05 bis 2.5G und speichert diese nach einem frei wählbaren Zeitintervall, genannt Epoche, in Form von „counts“ ab. Die Schritte werden im gleichen Zeitintervall gezählt und ebenfalls abgespeichert. Für die vorliegende Studie wurde die Epoche auf 5 s eingestellt und danach über eine Minute addiert. Der Beschleunigungsmesser wurde im Vorfeld mittels USB-Datenkabel an den Laptop angeschlossen und mit Hilfe der Actilife Version 6.0.0 Software programmiert. Nach der Messung wurden die Daten in ein Excel File exportiert und analysiert. Das Gerät gilt als valide (Abel et al. 2008).

2.3.3 Speedtrap 2 Lichtschranken

Die Ermittlung der W- und NW-Geschwindigkeiten erfolgte durch ein drahtloses Sprint Zeitmessungs-System der Firma Brower Timing Systems (Draper, USA). Der Speedtrap 2 besteht aus vier Lichtschranken mit Infrarotlinsen, vier höhenverstellbaren Stativen und einem portablen Monitor, auf dem via Funkverbindung die Zeiten abgelesen werden können. Die Anlage wurde 10m nach der Startlinie mit einer Messdistanz von 20m auf der geraden Teilstrecke der Rundbahn aufgestellt und diente zur Ermittlung der W- und NW-Laufgeschwindigkeiten.

2.3.4 Nordic Walking Stöcke

Alle Probanden absolvierten den Test mit den gleichen Teleskopstöcken der Firma Leki GmbH (Kirchheim unter Teck, Deutschland) und der individuell angepassten Stocklänge nach der Formel $0.66 \times \text{Körpergröße}$. Rist et al. (2004) empfehlen eine Stocklänge von $0.66 - 0.7 \times \text{Körpergröße}$ und einen Ellbogenwinkel von $\geq 90^\circ$ bei senkrecht aufgesetztem Stock im Stand. Durch die Verwendung der gleichen Stöcke mit individueller Stocklänge wurde die Verzerrung der Messresultate durch das Material minimiert.

2.3.5 Bodenmarkierung

Zum Abstecken der Teilabschnitte der Rundstrecke dienten rote und gelbe Kunststoffscheiben (\varnothing 25cm) der Firma Alder+Eisenhut AG (Ebnat-Kappel, Schweiz). Das Material ist rutschfest, wetterfest und strapazierfähig.

2.3.6 Metronom

Die akustische Unterstützung der Tempovorgabe beim W_{NWG} und $W_{NWG/NWS}$ erfolgte durch das iPhone-App „Tempo“ MetronomTM von Frozen Ape Pte. Ltd.. Die manuelle Einstellung der Schläge pro Minute (bpm) reicht von 10 bis 800 und erfüllte somit die studienspezifischen Anforderungen. Die im Testprotokoll ersichtlichen bpm entsprachen der NW-Schrittfrequenz. Die Probanden konnten das Signal per Kopfhörer oder über den Lautsprecher des iPhones hören. Transportiert wurde das iPhone in einer Hosen- oder Jackentasche, in der Hand oder mit Klebstreifen befestigt am Traggürtel des MetaMax[®] 3B.

2.3.7 Stadiometer und Waage

Die Körpergrösse wurde mit dem Stadiometer Modell 213 gemessen und das Körpergewicht mit der digitalen Waage Modell 877 gewogen. Beide Geräte sind Produkte der Firma Seca GmbH & Co. (Hamburg, Deutschland).

2.3.8 Testanweisungen

Zu Beginn des jeweiligen Tests auf der Rundbahn erhielten die Probanden mündliche Anweisungen zum genauen Ablauf und zur Handhabung der Geräte (MetaMax 3B[®] und Actigraph GTM1). Allfällige Fragen konnten direkt vor Ort geklärt werden.

2.3.9 Testprotokoll

Informationen über die Laufzeit für 20m, die zurückgelte Distanz nach 30 Schritten und die daraus resultierende Laufgeschwindigkeit, die Schrittfrequenz (Schritte/min) und die Schrittlänge sowie allgemeine Bemerkungen wurden elektronisch in einem Protokoll festgehalten.

2.4 Untersuchungsauswertung

2.4.1 Datenaufbereitung

Für die deskriptive Statistik des EV und der vertikalen Beschleunigung dienten die Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der letzten Minute der jeweiligen Steady State-Phase. Zur Überprüfung des metabolischen Steady States diente der Variationskoeffizient (CV). Der maximal akzeptable CV wurde mit 15% definiert. Überstiegen die Messwerte der letzten Minute den CV, waren Verschiebungen bis zur Optimierung innerhalb der letzten 1.5min möglich. Die Datenauswertung erfolgte für die Gesamtstichprobe und wurde nicht in Geschlechter unterteilt.

2.4.2 Datenanalyse

Die statistische Datenanalyse (SPSS 19.0) erfolgte mittels gemischtem Modell für Messwiederholungen. Da angenommen wurde, dass die Varianz und die Korrelation zwischen den Messwiederholungen (NW, $W_{NWG/NWS}$ und W_{NWG}) homogen sind, wurde die zusammengesetzte symmetrische Kovarianzstruktur gewählt. Feste Faktoren im Modell waren die Stockvorgabe und die Schrittlängenvorgabe. Die abhängigen Variablen bildeten der EV und die vertikale Beschleunigung. Die Gangart W wurde nicht ins Modell integriert, da diese mit einer anderen Geschwindigkeit ausgeführt wurde und ausschliesslich zum Vergleich mit der Gangart NW diente. Anschliessend wurde mittels gepaarten T-Tests untersucht, welche der drei Gangarten NW, $W_{NWG/NWS}$ und W_{NWG} sich signifikant im EV und in der vertikalen Beschleunigung unterschieden. Je nach Ergebnis aus dem gemischten Modell wurden die Variablen zwischen den Gangformen einzeln verglichen. Dabei wurde der alpha-Wert ($p \leq 0.05$) für die mehrfach ausgeführten gepaarten T-Tests nach Bonferroni entsprechend korrigiert.

3 Resultate

3.1 Untersuchungsgruppe

Zwanzig Probanden unterschrieben die Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie. Ein Teilnehmer erreichte den Steady State nicht in allen Gangarten. Seine Daten wurden deshalb nicht in die Analyse integriert.

Tab. 2: *MW und SD der anthropometrischen Kenngrößen der Probandengruppe.*

	n = 19
Alter (J)	49 ± 10.79
Grösse (cm)	171.87 ± 9.9
Gewicht (kg)	70.46 ± 11.02
BMI	23.8 ± 2.9
Geschlecht (w/m)	12 / 7

3.2 Vergleich zwischen W und NW

Tabelle 3 gibt eine Übersicht der Resultate der Gangarten W und NW.

Tab. 3: MW und SD der Resultate für Walking (W) und Nordic Walking (NW) ($n = 19$).

	W	NW	Differenz (%)	Sign.
Schrittlänge (cm)	91.26 \pm 6.83	95.86 \pm 7.85	5.04	.000
Tempo (m/s)	1.87 \pm 0.16	1.92 \pm 0.16	2.67	.003
Schrittfrequenz (Schritte/min)	126.57 \pm 8.3	121.72 \pm 5.91	3.98	.000
Counts (c/min)	5988 \pm 1015	6661 \pm 1239	11.24	.000
EV (kcal/min)	7.16 \pm 1.3	7.79 \pm 1.44	8.79	.001

Die Resultate der Schrittlänge, des Tempos, der vertikalen Beschleunigung (Counts) und des EV beim NW sind im Vergleich zum W signifikant höher. Die Schrittfrequenz beim NW ist im Vergleich zum W signifikant niedriger. Das heisst, für eine identische Strecke werden beim W mehr Schritte als beim NW benötigt.

3.3 Einfluss der Schrittlänge und der Stöcke auf den EV und die vertikale Beschleunigung der 3 Gangarten mit NW-Geschwindigkeit

Aus der Anwendung des gemischten Modells geht hervor, dass sowohl die Vorgabe der Schrittlänge ($p = .002$) als auch die Vorgabe der Stöcke ($p = .003$) sich signifikant auf den EV auswirken.

Die Vorgabe der Schrittlänge ($p = .034$) wirkt sich auch signifikant auf die vertikale Beschleunigung aus. Die Vorgabe der Stöcke ($p = .506$) hingegen hat keinen Einfluss auf die vertikale Beschleunigung. Unabhängig davon, ob mit oder ohne Stöcke gelaufen wird, bleibt die Beschleunigung während allen drei Gangarten konstant.

3.4 Vergleich des EV, der vertikalen Beschleunigung und der Schrittfrequenz der 3 Gangarten mit NW-Geschwindigkeit

Der EV beim $W_{NWG/NWS}$ ist sowohl im Vergleich zum NW als auch im Vergleich zum W_{NWG} signifikant grösser (7.96%, respektive 8.1%). Kein signifikanter Unterschied besteht zwischen den Gangarten NW und W_{NWG} (0.13%).

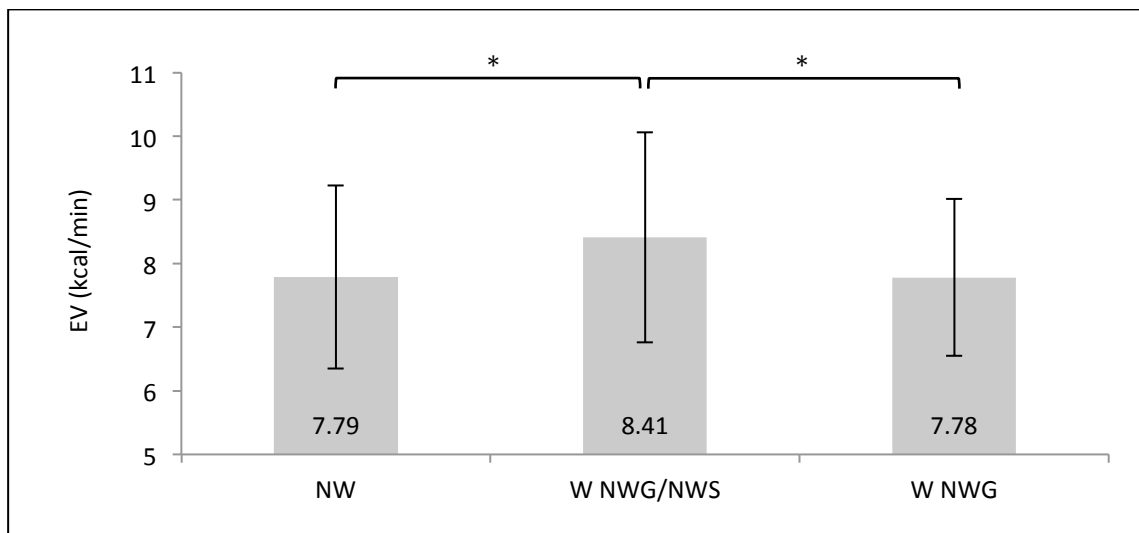


Abb. 2: Energieverbrauch (EV) Nordic Walking (NW), Walking mit NW-Geschwindigkeit und NW-Schrittlänge ($W_{NWG/NWS}$) und Walking mit NW-Geschwindigkeit ohne Schrittlängenvorgabe (W_{NWG}) (n=19). * Signifikanz $p < .002$.

Die vertikale Beschleunigung beim $W_{NWG/NWS}$ ist im Vergleich zum W_{NWG} signifikant höher (6.63%). Der Unterschied der vertikalen Beschleunigung ist weder zwischen NW und $W_{NWG/NWS}$ noch zwischen NW und W_{NWG} signifikant (1.94%, respektive 4.6%).

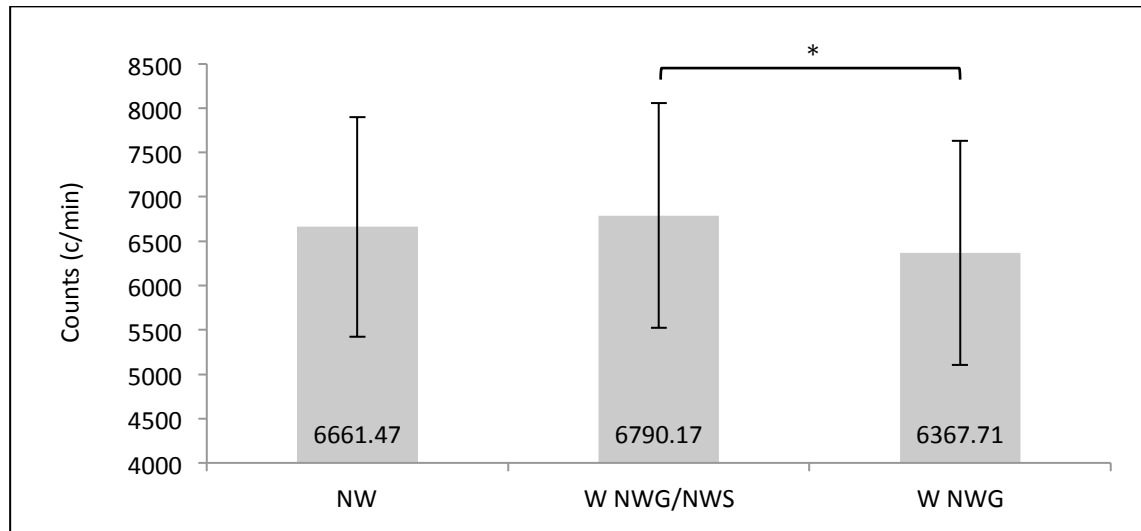


Abb. 3: Vertikale Beschleunigung (Counts) Nordic Walking (NW), Walking mit NW-Geschwindigkeit und NW-Schrittlänge ($W_{NWG/NWS}$) und Walking mit NW-Geschwindigkeit ohne Schrittlängenvorgabe (W_{NWG}) (n=19). * Signifikanz $p < .01$.

Der Unterschied der Schrittfrequenz zwischen NW und $W_{NWG/NWS}$ ist nicht signifikant (0.78%). Diese beiden Gangarten verglichen mit W_{NWG} weisen eine signifikant niedrigere Schrittfrequenz (4.2%, respektive 5%) auf.

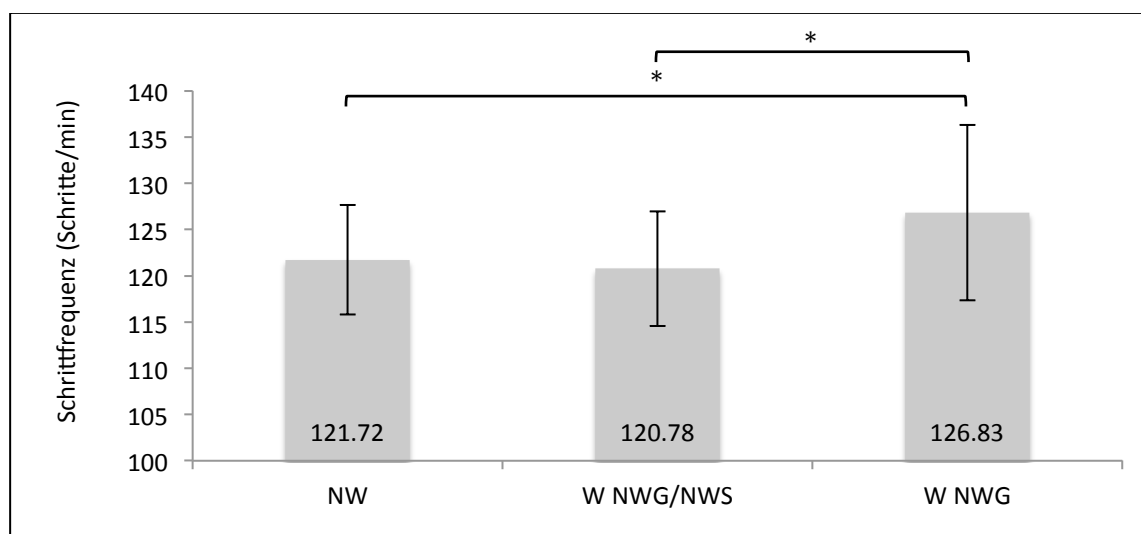


Abb. 4: Schrittfrequenz Nordic Walking (NW), Walking mit NW-Geschwindigkeit und NW-Schrittlänge ($W_{NWG/NWS}$) und Walking mit NW-Geschwindigkeit ohne Schrittlängenvorgabe (W_{NWG}) (n=19).

* Signifikanz $p < .006$.

4 Diskussion und Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie wurde einerseits konzipiert, um physiologische und biomechanische Unterschiede zwischen W und NW zu analysieren und andererseits, um festzustellen, ob der unökonomische Laufstil mit grösserer Schrittlänge beim NW im Vergleich zum W für den höheren EV verantwortlich ist. Die ermittelten Resultate zeigten auf, dass sowohl die unterschiedlichen Schrittlängen als auch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten, nicht aber der Stockeinsatz direkt für den höheren Energieverbrauch beim NW gegenüber dem W verantwortlich sind.

4.1 Vergleich zwischen W und NW

Die Analyse der biomechanischen Parameter zeigte deutlich signifikante Unterschiede beim W im Vergleich zum NW sowohl in der Schrittlänge, der Geschwindigkeit, der Schrittfrequenz als auch bei der vertikalen Beschleunigung.

Schrittlänge

Der Vergleich der Schrittlänge mit bestehender Literatur zeigte, dass die ermittelten Werte von 95.86cm beim NW marginal und mit 91.26cm beim W deutlich höher über den Daten von Rist et al. (2004) mit 95cm bzw. 87cm liegen. Die Probanden der genannten Studie waren junge trainierte Menschen und mit beiden Walkingtechniken vertraut. Die Versuchspersonen der vorliegenden Studie waren im Mittel 49 Jahre alt, 171.87cm gross und erfahrene Nordic Walker oder Instruktoren. Der deutliche Unterschied zwischen den W-Schrittlängen könnte folglich auf die Laborsituation bei Rist et al. (2004) zurückzuführen sein. Die Angaben der Körpergrösse fehlten bei der genannten Studie. Um einen Vergleich dennoch möglich zu machen schien es daher sinnvoll, das prozentuale Verhältnis von W zu NW zu betrachten. Dieses Verhältnis lag bei den ermittelten Schrittlängen bei 95.2%, was mit den Werten von Rist et al. (2004) mit 91.6% vergleichbar ist. Die Schrittlängen in der Feldstudie von Figard-Fabre et al. (2010) mit älteren übergewichtigen Frauen, die sich weniger als 1h pro Woche aktiv

bewegen, betrugen beim W 62.5cm und beim NW 67.5cm. Ähnliche Resultate wie Figard-Fabre (2010) erzielte Köhler (2008) in ihrer Studie. Nach mehrmonatigem NW-Training und anschliessenden Labortests wiesen die älteren Probanden beim W eine Schrittlänge von 60cm und beim NW von 66cm auf. Bemerkenswert dabei sind die knapp 30cm Längenunterschied bei beiden Walkingformen verglichen mit den Ergebnissen in dieser Studie. Das prozentuale Verhältnis betrug bei Figard-Fabre et al. (2010) 92.6%, bei Köhler (2008) 90.9%. Es wird vermutet, dass sowohl Alter als auch Gewicht und Grösse einen Einfluss auf die Schrittlänge haben könnten. Obschon kein Untersuchungsgegenstand dieser Studie, kann angenommen werden, dass die Anwendung einer technikkonformen Stockarbeit beim NW den Einfluss auf die horizontale Beschleunigung, wie sie mehrere Autoren beschreiben (Jöllenbeck et al. 2007, Burger 2007, Köhler 2008) begünstigt.

Geschwindigkeit

Der Vergleich der Geschwindigkeiten zwischen W und NW wies einen deutlich signifikanten Unterschied auf und bestätigt die Resultate frühere Studien (Wilson et al. 2001, Jöllenbeck et al. 2007, Zwysig 2009). Die ermittelten Werte von 1.87m/s beim W und 1.92m/s beim NW lagen deutlich über denjenigen aus der Studie von Jöllenbeck et al. (2007) mit 1.77m/s bzw. 1.86m/s. Es ist anzunehmen, dass die Teststrecke mit unterschiedlichen Steigungen und Gefällen bei der genannten Studie diese grosse Differenz ausmacht. Das prozentuale Verhältnis lag bei den ermittelten Geschwindigkeiten bei 97.4%, was durchaus mit den Werten von Jöllenbeck et al. (2007) mit 95.2% vergleichbar ist.

Schrittfrequenz

Aus der Analyse der Schrittfrequenz ging hervor, dass für die gleiche Distanz beim NW weniger Schritte als beim W benötigt werden. Da beim NW grössere Schritte getätigt werden (Wilson et al. 2001, Rist et al. 2004, Hansen et al. 2008, Köhler 2008, Figard-Fabre et al. 2010), ist dieses Resultat nachvollziehbar.

Vertikale Beschleunigung

Bei der Betrachtung der vertikalen Beschleunigung war ein deutlich signifikanter Unterschied zwischen W und NW ersichtlich. Die vertikale Hüftbeschleunigung beim NW war im Mittel 11.24% stärker als beim W und bestätigt somit die Untersuchungen von Zwysig (2009). Wegen der grösseren Schrittfrequenz beim W gegenüber dem NW tritt die vertikale Beschleunigung dementsprechend häufiger auf. Trotzdem sind die ermittelten Werte beim NW grösser, was auf eine stärkere Beschleunigung pro Schritt und somit auf einen höheren EV beim NW hinweisen.

Energieverbrauch

Die Analyse der physiologischen Parameter lieferte einen deutlich signifikanten Unterschied des EV zwischen W zum NW. Beim NW wurde im Mittel 8.79% mehr Energie verbraucht als beim W. Die Erkenntnisse aus dieser Untersuchung bestätigen somit die Resultate früherer Studien (Rodgers et al. 1995, Porcari et al. 1997, Church et al. 2002, Figard-Fabre et al. 2010), insbesondere aber die Studien, bei denen der physiologische Nutzen beim NW gegenüber dem W weniger deutlich ausfiel (Höltke et al. 2003, 2005, Schiebel et al. 2003, Schiffer et al. 2006, Saunders et al. 2008).

4.2 Vergleich zwischen den 3 Gangarten mit NW-Geschwindigkeit

Energieverbrauch

Die Ergebnisse des EV zwischen NW und W_{NWG} wiesen keine signifikanten Unterschiede auf und widersprechen somit den Befunden aus früheren Studien, bei denen auf ebener Strecke ebenfalls die Geschwindigkeit vorgegeben wurde (Rodgers et al. 1995, Porcari et al. 1997, Church et al. 2002, Schiebel et al. 2003, Schiffer et al. 2006). Egal ob die Schrittlänge beim Vergleich der Gangarten NW und W_{NWG} vorgegeben oder frei gewählt wurde, der EV blieb konstant. Untersuchungen zu Bodenreaktionskräften von Rist et al. (2004) zeigten signifikant grössere Abstosskräfte beim W gegenüber dem NW auf. Dieser Faktor, verbunden mit mehr Muskelarbeit der unteren Extremitäten, könnte ein zusätzlicher Grund für den grossen EV beim W_{NWG} sein. Die 1. Alternativhypothese, die besagt, dass der EV zwischen NW und W_{NWG} unterschiedlich ist, kann somit nicht verifiziert werden.

Die Analyse des EV zwischen W_{NWG} und $W_{NWG/NWS}$ wies einen signifikanten Unterschied auf. Die längeren Schritte beim $W_{NWG/NWS}$ im Vergleich zum W_{NWG} erzeugten einen grösseren EV. Anders als bei der 1. Alternativhypothese war hier die Schrittlängenvorgabe für den Unterschied des EV verantwortlich. Gemäss Kuo et al. (2005) verschiebt sich der KSP beim Gehen in vertikaler sowie in horizontaler Richtung. Sobald beide Füsse Bodenkontakt haben, wird die Richtung der KSP-Geschwindigkeit umgeleitet (Abbildung 5). In dieser Umleitungsphase ist Energie notwendig, damit der KSP einen neuen „Pendelbogen“ durchführen, resp. durch Abstossen des Fusses ein nächster Schritt getätigt werden kann.

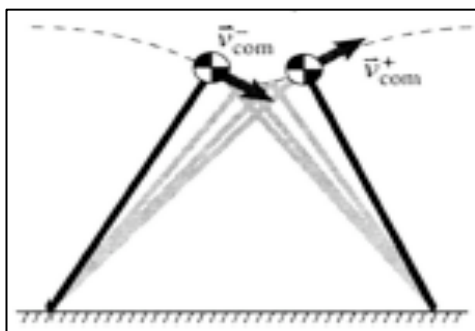


Abb. 5: Umleitung der KSP-Geschwindigkeit (Kuo et al. 2005, S. 89)

Werden nun grössere Schritte ausgeführt, kann angenommen werden, dass sowohl die KSP-Geschwindigkeit als auch der „Pendelbogen“ dementsprechend vergrössert werden. Folglich benötigt man, wie es Donelan et al. (2001) in ihrer Untersuchung zeigten, bei konstanter Geschwindigkeit für grössere Schritte mehr Energie als für kleinere und bestätigen somit die vorliegenden Resultate. Die 2. Alternativhypothese, die besagt, dass der EV zwischen W_{NWG} und $W_{NWG/NWS}$ unterschiedlich ist, kann verifiziert werden.

Die ermittelten Werte des EV beim NW und $W_{NWG/NWS}$ wiesen einen signifikanten Unterschied auf. Obschon Geschwindigkeit und Schrittlänge bei beiden Gangarten identisch waren, weist der EV beim $W_{NWG/NWS}$ im Vergleich zum NW eine Vergrösserung auf. Damit die Schrittlänge bei der Gangart $W_{NWG/NWS}$ eingehalten werden kann, ist anzunehmen, dass die fehlende durch die Stöcke erzeugte horizontale Beschleunigung wie sie bei korrekter Ausführung von NW üblich ist (Burger 2007, Köhler 2008), durch Muskelarbeit der unteren Extremitäten ersetzt werden muss. Bildlich dargestellt, muss das kurze Pendel gegenüber dem langen Pendel mehr Arbeit leisten, um gleich weit zu schwingen. Zudem könnten auch hier, wie bereits bei der 1. Alternativhypothese beschrieben, die unterschiedlichen Abstosskräfte zwischen W und NW einen zusätzlichen Effekt im EV bewirken. Somit kann die 3. Alternativhypothese, die besagt, dass der EV zwischen NW und $W_{NWG/NWS}$ keinen Unterschied aufweist, nicht verifiziert werden.

Es ist anzunehmen, dass die widersprüchlichen Resultate auf die kurze Rundstrecke der Gangarten W_{NWG} und $W_{NWG/NWS}$ zurückzuführen sind. Das repetitive Abbremsen und Beschleunigen in der eher engen Kurvenphase (Radius ca. 2m) führte möglicherweise zu den höheren Werten beim EV. Ein zusätzlicher Grund könnte die Geschwindigkeits- und/oder Schrittlängenvorgabe gewesen sein, die die Versuchspersonen derart forderten, so dass kein flüssiges Gehen möglich war. Trotzdem sind die Erkenntnisse bemerkenswert. W mit zügiger (NW-)Geschwindigkeit ausgeführt bewirkt den gleichen, und W mit zügiger (NW-)Geschwindigkeit und grossen (NW-)Schritten ausgeführt, einen grösseren EV im Vergleich zum NW.

Vertikale Beschleunigung

Aus der Datenanalyse ging hervor, dass die Vorgabe der Schrittlänge, nicht aber die Vorgabe der Stöcke einen signifikanten Einfluss auf die vertikale Beschleunigung hat. Demnach kann angenommen werden, dass beide Gangarten mit vorgegebener Schrittlänge (NW und $W_{NWG/NWS}$) gegenüber der Gangart ohne Schrittlängenvorgabe (W_{NWG}) signifikant grössere Resultate bei der vertikalen Beschleunigung erreichen. Die ermittelten Werte der vertikalen Beschleunigung zwischen NW und W_{NWG} ergaben jedoch keinen signifikanten Unterschied. Die vertikale Beschleunigung beim NW ist im Vergleich zum W_{NWG} zwar grösser, die Differenz aber erstaunlicherweise nicht signifikant. Nachvollziehbar ist dagegen der signifikante Unterschied zwischen W_{NWG} und $W_{NWG/NWS}$. Die grössere Schrittlänge beim $W_{NWG/NWS}$ gegenüber dem W_{NWG} verursachten die stärkere Beschleunigung der Hüfte und bestätigt somit die Annahmen. Die Analyse der vertikalen Beschleunigung zwischen NW und $W_{NWG/NWS}$ ergab keinen signifikanten Unterschied. Dieses Resultat ist verständlich, da beide Gangarten mit gleicher Geschwindigkeit und gleicher Schrittlänge ausgeführt wurden.

Schrittfrequenz

Die Analyse der Schrittfrequenzen zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gangarten NW und $W_{NWG/NWS}$. Dieses Resultat ist nachvollziehbar, da beide Gangarten mit gleicher Geschwindigkeits- und Schrittlängenvorgabe durchgeführt wurden. Erstaunlicherweise beträgt die Differenz dennoch knapp einen Schritt. Mögliche Gründe dafür könnten aus der Gangart $W_{NWG/NWS}$ hergeleitet werden. Obschon das ungewohnte Schrittmuster bei den meisten Probanden nach kurzer Anlaufphase relativ „rund“ gelaufen wurde, waren Korrekturschritte möglich. Das Einhalten der 4 Schritte zwischen den Markierungsscheiben und das akustische Signal zur Unterstützung der Schrittfrequenz, also die Koordination von Schrittlänge und -frequenz, bedeutete für alle Teilnehmer eine neue Situation und erforderte viel Konzentration. Dadurch wurde möglicherweise die praktische Ausführung negativ beeinflusst und durch zusätzliche Korrekturschritte kompensiert. Der Vergleich dieser beiden Gangarten mit W_{NWG} wies einen signifikanten Unterschied auf. Beim W_{NWG} wurden mehr Schritte gegenüber NW und $W_{NWG/NWS}$ gemacht. Dieses Resultat scheint nachvollziehbar, da bei diesem Test

keine Schrittlängenvorgabe bestand, sondern nur die Geschwindigkeit eingehalten wurde. Es wird angenommen, dass ohne Schrittlängenvorgabe kürzere ökonomischere Schritte gewählt werden.

Stärken und Schwächen

Die Durchführung der Tests unter Feldbedingungen entsprach dem natürlichen Umfeld beim NW und kann demnach als Pluspunkt bewertet werden. Burger (2007) kritisiert NW-Studien, bei denen Geschwindigkeit und Schrittlänge vorgegeben werden. Wird die Taktfrequenz gesteigert, muss sich die Versuchsperson anpassen. Sobald man schneller geht besteht dadurch die Möglichkeit, dass man nicht mehr in einer angepassten Schrittlänge geht. Als Folge davon, geht die Kontrolle von den Stöcken auf die Beine über, was aber kein NW mehr ist, sondern W mit Stöcken. In dieser Studie hielten die Versuchspersonen teilweise genau die vom genannten Autor erwähnten Vorgaben ein. Geschwindigkeit und Schrittlänge wurden jedoch bei der einzigen Gangart mit Stöcken, dem NW, individuell gemessen und nicht fix vorgegeben. Somit konnten alle Probanden ihre bevorzugte NW-Geschwindigkeit und NW-Schrittlänge frei wählen. Wegen dem relativ engen Radius bei den Gangarten W_{NWG} und $W_{NWG/NWS}$ auf der markierten Rundstrecke bestand die Möglichkeit, dass Abbremsen und/oder Beschleunigen während der Kurvenphase zu Unregelmässigkeiten beim Actigraph GT1M führten. Möglicherweise wurden dadurch auch die Messungen des MetaMax®3B beeinflusst. Sinnvoll wäre daher, den Radius z. B. mit Kreide aufzuzeichnen oder die Strecke der beiden Gangarten auf der 300m Rundbahn abzustecken.

4.3 Schlussfolgerung

Grössere Schrittlänge und höhere Geschwindigkeit beim NW bewirkten einen grösseren EV gegenüber W. Bei gleicher Geschwindigkeit ausgeführt, bewirkte die Vergrösserung der Schrittlänge überraschenderweise keinen höheren EV beim NW gegenüber W. Weiter überraschte auch der höhere EV beim W mit NW-Schrittlänge und NW-Geschwindigkeit gegenüber NW. In dieser Studie führte der Stock- und Armeinsatz beim NW eine grössere Schrittlänge und eine erhöhte Geschwindigkeit herbei und bewirkte folglich einen grösseren EV gegenüber dem W. Weil sich die unabhängigen Wirkungen von Armeinsatz und Schrittlänge beim NW aufgrund der Datenanalyse nicht quantifizieren liessen, bleiben deren Effekte auf den EV unklar.

5 **Abbildungs- und Tabellenverzeichnis**

Abbildung 1:	Rundstrecke mit Markierungen für W_{NWG} und $W_{NWG/NWS}$
Abbildung 2:	Energieverbrauch
Abbildung 3:	Vertikale Beschleunigung
Abbildung 4:	Schrittfrequenz
Abbildung 5:	Umleitung der KSP-Geschwindigkeit
Tabelle 1:	Null- und Alternativhypothesen
Tabelle 2:	MW und SD der anthropometrischen Kenngrößen der Probandengruppe
Tabelle 3:	MW und SD der Resultate für W und NW

6 Literaturverzeichnis

- Abel M. G., Hannon J. C., Sell K., Lillie T., Conlin G. & Anderson D. (2008). Validation of the Kenz Lifecorder EX and ActiGraph GT1M accelerometers for walking and running in adults. *Appl Physiol Nutr Metab*, 33, 1155-1164.
- Baumgartner S. (2009). *Unterschiede im Energieverbrauch und in der Geschwindigkeit zwischen Walking und Nordic Walking in einer Steigung bei selbst gewählter Geschwindigkeit*. Unveröff. Dipl. Arbeit, Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen.
- Burger R. (2007). Eine Sportart, eine Technik. 13 Schritte zum richtigen Gehen. *Nordic Walker*, 4/2007, 10-17.
- Church T. S., Earnest C. P. & Morss G. M. (2002). Field testing of physiological responses associated with nordic walking. *Res Q Exerc Sport*, 73, 296-300.
- Donelan J. M., Kram R. & Kuo A. D. (2001). Mechanical and metabolic determinants of the preferred step width in human walking. *Proc R Soc Lond B*, 268, 1985-1992.
- Figard-Fabre H., Fabre N., Leonardi A. & Schena F. (2010). Physiological and perceptual responses to Nordic walking in obese middle-aged women in comparison with the normal walk. *Eur J Appl Physiol*, 108, 1141-1151.
- Hansen L., Henriksen M., Larsen P. & Alkjaer T. (2008). Nordic Walking does not reduce the loading of the knee joint. *Scand J Med Sci Sports*, 18, 436-441.

- Höltke V., Steuer M., Schneider U., Krakor S. & Jakob E. (2003). Walking vs. Nordic-Walking - Belastungsparameter im Vergleich (Elektronische Version). *Dtsche Z Sportmed* 54, (7-8), 91. Zugriff am 7. Januar 2012 unter:
http://www.zeitschriftspormedzin.de/fileadmin/externe_websites/ext.dzsm/content/archiv2003/Heft_07_08/poster78_03.pdf
- Höltke V., Steuer M., Jöns H., Krakor S., Steinacker T. & Jakob E. (2005). Vergleich von Walking und Nordic-Walking im moderaten Intensitätsbereich (Elektronische Version). Zugriff am 7. Januar 2012 unter: http://www.sportklinik-hellersen.de/Fileadmin/Sportmedizin/Downloads/Vergleich_Walking_Nordic_Hoeltke_Hambrg_2005.pdf
- Jacobson B. H., Wright T. & Dugan B. (2000). Load carriage energy expenditure with and without hiking poles during inclined walking. *Int J Sports Med*, 21, 356-359.
- Jöllenbeck Th., Leyser D., Classen C., Mull M., Grüneberg Ch. (2007). Nordic Walking. Eine Feldstudie über den Mythos Gelenkentlastung. In J. Freiwald, T. Jöllenbeck & N. Olivier (Hrsg.), *Prävention und Rehabilitation in Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft* (S. 399-405). Köln: Strauss.
- Kleindienst F. I., Michel K. J., Stief F., Wedel F., Campe S. & Krabbe B. (2007). Vergleich der Gelenkbelastung der unteren Extremitäten zwischen den Bewegungsformen Nordic Walking, Walking und Laufen mittels Inverser Dynamik. *Dtsche Z Sportmed* 58, 105-111.
- Köhler R. (2008). *Osteoporose- und Sturzprävention durch Minimierung medizinischer und motorischer Risikofaktoren mittels sportlicher Intervention. Eine Längsschnittstudie zur Betrachtung der Wirksamkeit des Gesundheitssports Nordic Walking und die Relevanz seiner biomechanischen Technikmerkmale*. Göttingen: Sierke Verlag

- Kukkonen-Harjula K., Hiilloskorpi H., Mänttari A., Pasanen M., Parkkari J., Suni J., Fogelholm M. & Laukkanen R. (2007). Self-guided brisk walking training with or without poles: a randomized-controlled trial in middle-aged women. *Scand J Med Sci Sports*, 17, 316-23.
- Kuo A. D., Donelan J. M. & Ruina A. (2005). Energetic Consequences of Walking Like an Inverted Pendulum: Step-to-Step Transitions. *Exerc Sport Sci Rev*, 33, 88-97.
- Parker D., Quintana R. & DeWitt, R. (2002). Metabolic responses to graded exercise walking with and without poles. *Medicine Science in Sports and Exercise* 34, 295.
- Perrey St. & Fabre N. (2008). Exertion during uphill, level and downhill walking with and without hiking poles. *JSSM*, 7, 32-38.
- Porcari J. P., Hendrickson T. L., Walter P. R., Terry L. & Walsko G. (1997). The physiological responses to walking with and without Power Poles on treadmill exercise. *Res Q Exerc Sport*, 68, 161-166.
- Rist H. J., Kälin X. & Hofer A. (2004). Nordic Walking – ein sportmedizinisches Konzept in Prävention und Rehabilitation. *Sportorthopädie Sporttraumatologie*, 20, 247-250.
- Rodgers C. D., Vanheest J. L. & Schachter C. L. (1995). Energy expenditure during sub maximal walking with Exerstriders. *Med Sci Sports Exerc*, 27, 607-611.
- Saunders M. J., Hipp G. R., Wenos D. L., Deaton M. L. (2008). Trekking poles increase physiological responses to hiking without increasing perceived exertion. *J Strength Cond Res*, 22, 1468-1474.

Schiebel F., Heitkamp H. C., Thoma S., Hipp A. & Horstmann T. (2003). Nordic Walking und Walking im Vergleich. *Dtsche Z Sportmed*, 54, 43.

Schiffer Th., Knicker A., Hoffman U., Harwig B., Hollmann W. & Strüder H. K. (2006). Physiological responses to nordic walking, walking and jogging. *Eur J Appl Physiol*, 98, 56-61.

Vogler A. J., Rice A. J. & Gore C. J. (2010). Validity and reliability of the Cortex Meta-Max3B portable metabolic system. *J Sports Sci*, 28, 733-742.

Weir J. B. de V. (1949). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *J Physiol*, 109, 1-9.

Willson J., Torry M. R., Decker M. J., Kernozek T. & Steadman J. R. (2001). Effects of walking poles on lower extremity gait mechanics. *Med Sci Sports Exerc*, 33, 142-147.

Zwyssig L. (2009). *Unabhängig vom Tempo und der Erfahrung erhöht Nordic Walking den Energieverbrauch gegenüber Walking*. Unveröff. Dipl. Arbeit, Eidgenössische Hochschule für Sport Magglingen.

<http://www.inwa-nordicwalking.com>. Zugriff am 6. August 2012

Persönliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die Arbeit selbstständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäss aus Veröffentlichungen oder aus anderweitig fremden Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Biel, 13. September 2012

Unterschrift:

Urheberrechtserklärung

Die Unterzeichnende anerkennt, dass die vorliegende Arbeit ein Bestandteil der Ausbildung, Einheit Bewegungs- und Sportwissenschaften der Universität Freiburg ist. Sie überträgt deshalb sämtliche Urhebernutzungsrechte (dies beinhaltet insbesondere das Recht zur Veröffentlichung oder zu anderer kommerzieller oder unentgeltlicher Nutzung) an die Universität Freiburg.

Die Universität darf dieses Recht nur im Einverständnis der Unterzeichnenden auf Dritte übertragen.

Finanzielle Ansprüche der Unterzeichnenden entstehen aus dieser Regelung keine.

Biel, 13. September 2012

Unterschrift:

Anhang

Informationsschreiben

Schriftliche Einverständniserklärung

Anthropometrische Kenngrößen

Testreihenfolge

Testprotokoll

Tabelle Actigraph

Tabelle Portabler Ergospirometer

Informationsschreiben über das Ziel und den Ablauf der Nordic Walking Studie

Liebe Probanden, liebe Probandinnen

Die Ethikkommission des Kantons Bern schreibt vor, dass ich dich/Sie schriftlich über das Ziel und den Ablauf der Studie informieren muss. Bitte lies/lesen Sie folgende Zeilen aufmerksam durch.

Ziel

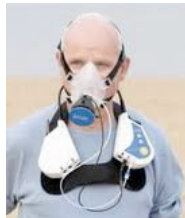
In zahlreichen Forschungsarbeiten wurde bisher mehrfach bewiesen, dass der Energieverbrauch beim Nordic Walking grösser ist als beim Walking ohne Stöcke. Allgemein wird angenommen, dass der zusätzliche Armeinsatz beim Nordic Walking zu diesem Resultat führt. In dieser Studie soll nun überprüft werden, ob tatsächlich der Armeinsatz oder andere Parameter wie zum Beispiel die grössere Schrittlänge beim Nordic Walking den erhöhten Energieverbrauch verursachen.

Ablauf

- 09:00 Treffpunkt „Hochschule Lärchenplatz“ (Zeit kann angepasst werden).
Einverständniserklärung unterschreiben/abgeben.
Allenfalls Sportkleider anziehen.
Grösse und Gewicht messen.
Beschleunigungsmesser am Rücken (Gerätegrösse ca. 4x4cm) und portabler Ergospirometer anbringen.



Beschleunigungsmesser



Portabler Ergospirometer

- 09:20 Rundbahn Lärchenplatz.
Mobilisieren und Einlaufen gemäss Vorgabe Studienleiterin.
09:30 Zwei Tests à je ca. 6-8 Minuten.
15 Minuten Pause, wenn möglich Mithilfe beim Umbau.
10:15 Zwei weitere Tests à je ca. 6-8 Minuten.
Ende.

Bei Fragen bitte melden. rewueest@hotmail.com / 076 416 38 84 / 032 322 01 41.

Sportliche Grüsse,
Rebecca Wüest

Schriftliche Einverständniserklärung der Versuchsperson zur Teilnahme an einer klinischen Studie

Titel der Studie: Der unökonomische Laufstil beim Nordic Walking führt zu einem höheren Energieverbrauch im Vergleich zum Walking

Ort der Studie: Lärchenplatz, Magglingen

Prüferin: Rebecca Wüest

Versuchsperson:

Geburtsdatum:

Geschlecht:

Ich wurde von der unterzeichnenden Studienleiterin mündlich und schriftlich über die Ziele, den Ablauf der Studie, über mögliche Vor- und Nachteile sowie über eventuelle Risiken, die ich bei einer Teilnahme an der Studie eingehe informiert.

Ich habe die zur obengenannten Studie abgegebene schriftliche Information gelesen und verstanden. Meine Fragen im Zusammenhang mit der Teilnahme an dieser Studie sind zufriedenstellend beantwortet worden. Ich kann die schriftliche Versuchspersoneninformation behalten und erhalte eine Kopie meiner schriftlichen Einverständniserklärung.

Ich hatte genügend Zeit, um meine Entscheidung zu treffen.

Ich bin darüber informiert, dass allfällige Schäden gedeckt werden, falls solche im Rahmen der Studie auftreten.

Ich bin einverstanden, dass die zuständigen Fachleute des Studienauftraggebers, der Behörden und der Ethikkommission zu Prüf- und Kontrollzwecken in meine Originaldaten Einsicht nehmen dürfen, jedoch unter strikter Einhaltung der Vertraulichkeit.

Ich bestätige hiermit, dass ich freiwillig an dieser Studie teilnehme. Ich kann jederzeit und ohne Angabe von Gründen die Zustimmung zur Teilnahme widerrufen, ohne dass für mich deswegen Nachteile entstehen.

Ich bin mir bewusst, dass während der Studie die in der Information genannten Anforderungen und Einschränkungen einzuhalten sind. Im Interesse meiner Gesundheit kann mich die Studienleiterin jederzeit von der Studie ausschliessen.

Ort, Datum:	Unterschrift der Versuchsperson:
-------------	----------------------------------

Bestätigung der Prüferin:

Hiermit bestätige ich, dass ich dieser Versuchsperson Wesen, Bedeutung und Tragweite der Studie erläutert habe. Ich versichere, alle im Zusammenhang mit dieser Studie stehenden Verpflichtungen zu erfüllen. Sollte ich zu irgendeinem Zeitpunkt während der Durchführung der Studie von Aspekten erfahren, welche die Bereitschaft der Versuchsperson zur Teilnahme an der Studie beeinflussen könnten, werde ich ihn/sie umgehend darüber informieren.

Ort, Datum:

Unterschrift der Prüferin:

Anthropometrische Kenngrössen

Proband	Geschlecht	Alter (J)	Grösse (cm)	Gewicht (kg)
1	m	47	183	82
2	w	42	165	74
3	w	72	161	55
4	m	57	173	78
5	w	70	166	55
6	w	52	161	54
7	w	42	178	74.6
9	w	33	171.6	65
10	w	47	163	56.56
11	w	51	169	72
12	m	34	192	91.15
13	w	50	161	58
14	w	48	161	83.85
15	m	46	186	82
16	w	55	162	64.4
17	m	55	179	69
18	m	57	170	75.75
19	w	36	182	73.05
20	m	37	182	75.4
MW		49.00	171.87	70.46
SD		10.79	9.90	11.02

Testreihenfolge

Proband	Test
1	2134
2	1243
3	1234
4	1243
5	1243
6	1243
7	1243
8	2143
9	2134
10	2143
11	1243
12	1243
13	1234
14	1234
15	2143
16	1243
17	2143
18	2134
19	2143
20	1243

Testprotokoll

Proband-Nr. **6**

	Distanz nach 30 Schritte (m)	Schrittlänge (m)	Markierungsabstand (m)	Zeit für 20m (sek)	Anzahl Schritte für 20m	Schritte/Minute (bpm)	bpm/4	Markierungsabstand	Markierung fortlaufend	Bemerkungen	m/s	km/h
1. W	26.35	0.878		9.17	22.770			3.95		OK	2.18	7.85
2. NW	29.62	0.987		9.26	20.257	131.25		1	3.95	OK	2.16	7.78
3. W NWG			3.95				32.81	2	7.90	OK		
4. W NWG/NWS		0.987	3.95			131.25		3	11.85	OK		
								4	15.80			
								5	19.75			
								6	23.70			
								7	27.65			
								8	31.59			
								9	35.54			
								10	39.49			
								11	43.44			

Beschleunigungsmesser-Nr.:	46
Testreihenfolge:	1243

Actigraph	W				NW				W mit NW Tempo				NW ohne Stöcke			
Proband	Counts	C/min	Schritte	S/min	Counts	C/min	Schritte	S/min	Counts	C/min	Schritte	S/min	Counts	C/min	Schritte	S/min
1	446	5352	10.08	120.96	510.83	6129.96	10	120	598.67	7184.04	10.08	120.96	564.5	6774	10.5	126
2	559.83	6717.96	11.17	134.04	680.42	8165.04	10.33	123.96	601.88	7222.56	11.58	138.96	640	7680	10.42	125.04
3	427.67	5132.04	10.33	123.96	362.92	4355.04	10.08	120.96	387.7	4652.4	10.17	122.04	444.23	5330.76	9.58	114.96
4	588.42	7061.04	10.08	120.96	653.33	7839.96	9.5	114	536.33	6435.96	9.67	116.04	527.67	6332.04	9.5	114
5	494.83	5937.96	10	120	540.67	6488.04	10.08	120.96	469.75	5637	10.67	128.04	494.25	5931	10.08	120.96
6	420.83	5049.96	12.58	150.96	541.08	6492.96	11.25	135	388.83	4665.96	12.83	153.96	407.38	4888.56	11	132
7	428	5136	11.08	132.96	501.83	6021.96	10.75	129	594.63	7135.56	10.58	126.96	595.67	7148.04	10.58	126.96
9	578.92	6947.04	10.42	125.04	631.67	7580.04	10	120	576.83	6921.96	10.58	126.96	699.04	8388.48	9.83	117.96
10	594.92	7139.04	10.83	129.96	685.25	8223	10.42	125.04	698.71	8384.52	10.75	129	722.33	8667.96	10.58	126.96
11	427	5124	10.58	126.96	473.5	5682	10.33	123.96	562.13	6745.56	10.08	120.96	554.21	6650.52	10.08	120.96
12	670.92	8051.04	9.75	117	679	8148	9.67	116.04	711.67	8540.04	9.33	111.96	700.67	8408.04	9.25	111
13	466.58	5598.96	10.75	129	474.33	5691.96	10.33	123.96	509.33	6111.96	10.67	128.04	525.29	6303.48	10.5	126
14	419.5	5034	10.25	123	478.83	5745.96	10	120	388.96	4667.52	10.25	123	450.29	5403.48	10.25	123
15	516.92	6203.04	9.5	114	599.42	7193.04	9.33	111.96	558.96	6707.52	9.75	117	571.71	6860.52	9.42	113.04
16	314.42	3773.04	11.5	138	360.75	4329	11.08	132.96	320.33	3843.96	11	132	372.33	4467.96	10.67	128.04
17	553.75	6645	10.42	125.04	703	8436	9.67	116.04	523.46	6281.52	11.58	138.96	725.29	8703.48	9.25	111
18	517.92	6215.04	10.33	123.96	542.33	6507.96	10	120	471.38	5656.56	10.5	126	508.58	6102.96	10.08	120.96
19	505.58	6066.96	10.25	123	615.5	7386	9.83	117.96	572.83	6873.96	10.42	125.04	626.67	7520.04	9.67	116.04
20	549.67	6596.04	10.5	126	512.67	6152.04	10.08	120.96	609.83	7317.96	10.33	123.96	621	7452	10	120
MW	499.04	5988.43	10.55	126.57	555.12	6661.47	10.14	121.72	530.64	6367.71	10.57	126.83	565.85	6790.17	10.07	120.78
SD	84.60	1015.16	0.69	8.30	103.24	1238.92	0.49	5.91	105.25	1263.01	0.79	9.48	105.76	1269.14	0.52	6.21

Ergospiro.	W				NW				W mit NW Tempo				NW ohne Stöcke			
Proband	VO2	VCO2	KJ	Kcal	VO2	VCO2	KJ	Kcal	VO2	VCO2	KJ	Kcal	VO2	VCO2	KJ	Kcal
1	1.543	1.316	31.554	7.536	1.856	1.666	38.339	9.157	1.632	1.252	32.726	7.816	1.733	1.334	34.772	8.305
2	1.971	1.615	40.000	9.554	2.271	1.844	46.011	10.989	2.112	1.785	43.114	10.298	2.455	2.216	50.769	12.126
3	1.112	0.911	22.567	5.390	1.259	1.02	25.497	6.090	1.178	0.918	23.688	5.658	1.327	1.084	26.915	6.429
4	1.301	1.049	26.324	6.287	1.449	1.071	28.868	6.895	1.248	0.948	24.982	5.967	1.311	0.975	26.147	6.245
5	1.044	0.862	21.218	5.068	1.303	1.076	26.482	6.325	1.154	0.921	23.306	5.567	1.217	0.962	24.535	5.860
6	2.004	1.846	41.614	9.939	2.194	2.041	45.652	10.904	1.767	1.492	36.065	8.614	2.334	2.108	48.273	11.530
7	1.516	1.162	30.395	7.260	1.448	1.1	28.986	6.923	1.759	1.327	35.169	8.400	1.765	1.374	35.485	8.476
9	1.837	1.564	37.553	8.969	1.757	1.452	35.714	8.530	1.949	1.58	39.475	9.428	2.033	1.681	41.329	9.871
10	1.18	1.047	24.318	5.808	1.368	1.174	28.009	6.690	1.525	1.263	31.011	7.407	1.673	1.464	34.384	8.212
11	1.309	1.01	26.276	6.276	1.334	1.025	26.758	6.391	1.668	1.294	33.514	8.005	1.707	1.351	34.422	8.221
12	1.653	1.248	33.054	7.895	1.723	1.326	34.570	8.257	1.701	1.293	34.054	8.134	1.804	1.374	36.129	8.629
13	1.325	1.082	26.873	6.419	1.352	1.105	27.425	6.550	1.527	1.218	30.836	7.365	1.537	1.234	31.075	7.422
14	1.358	1.123	27.607	6.594	1.363	1.16	27.861	6.655	1.377	1.171	28.143	6.722	1.34	1.163	27.496	6.567
15	1.351	1.126	27.506	6.570	1.618	1.374	33.060	7.896	1.56	1.28	31.667	7.564	1.673	1.381	34.000	8.121
16	1.428	1.213	29.179	6.969	1.472	1.263	30.137	7.198	1.69	1.402	34.377	8.211	1.746	1.506	35.783	8.547
17	1.513	1.256	30.781	7.352	1.881	1.516	38.057	9.090	1.799	1.494	36.602	8.742	2.093	1.751	42.643	10.185
18	1.516	1.214	30.636	7.317	1.579	1.29	32.027	7.650	1.438	1.145	29.029	6.934	1.636	1.289	32.963	7.873
19	1.424	1.123	28.696	6.854	1.657	1.342	33.555	8.014	1.745	1.372	35.146	8.394	1.763	1.358	35.378	8.450
20	1.664	1.348	33.698	8.049	1.619	1.268	32.585	7.783	1.787	1.323	35.612	8.506	1.842	1.405	36.899	8.813
MW	1.476	1.217	29.992	7.163	1.605	1.322	32.610	7.789	1.611	1.288	32.554	7.775	1.736	1.422	35.231	8.415
SD	0.264	0.244	5.450	1.302	0.289	0.281	6.025	1.439	0.252	0.220	5.148	1.230	0.328	0.330	6.908	1.650